



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.04.2003 Patentblatt 2003/16

(51) Int Cl.7: **H01P 5/18**

(21) Anmeldenummer: **01124552.9**

(22) Anmeldetag: **13.10.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Grunewald, Jörg**
71522 Backnang (DE)

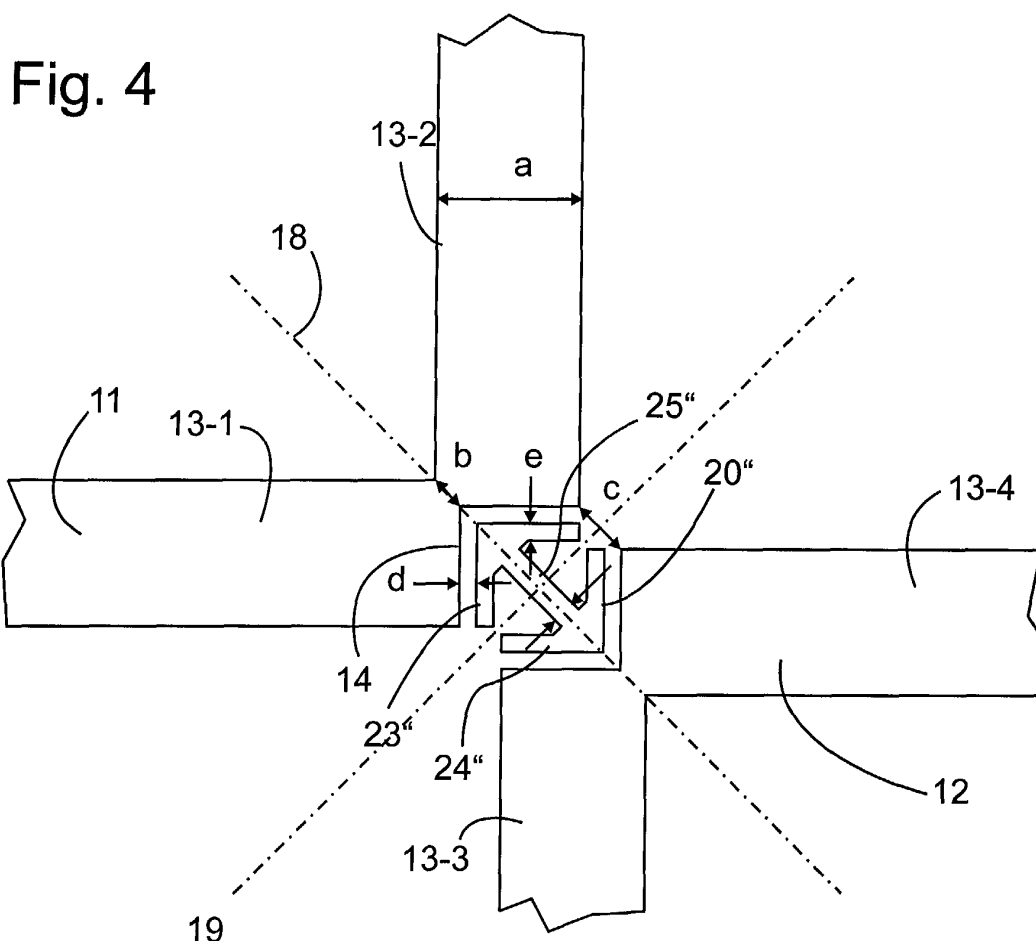
(74) Vertreter: **Heuer, Wilhelm, Dr.**
Patentanwalt,
Am Flosskanal 7
82515 Wolfratshausen (DE)

(71) Anmelder: **Marconi Communications GmbH**
71509 Backnang (DE)

(54) **Breitbandiger Microstrip-Richtkoppler**

(57) Ein Richtkoppler umfasst, angeordnet auf einem Substrat, zwei durch eine erste Leitung (11) verbundene erste Anschlüsse (1, 2), zwei durch eine zweite

Leitung (12) verbundene zweite Anschlüsse (3, 4). Die Leitungen (11, 12) verlaufen durch eine Kopplungszone, in der sie durch eine mit den Leitungen unverbundene Leiterfläche (20") beabstandet sind.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen breitbandigen Richtkoppler in Microstrip-Technik.

[0002] Derartige Richtkoppler kommen in Hoch- und Höchsthäufigkeitsanwendungen zum Einsatz, um von einem auf einer ersten Leitung geführten Signal einen definierten, im allgemeinen kleinen Anteil auf eine zweite Leitung überzukoppeln und so insbesondere zu Steuer- oder Überwachungszwecken abzugreifen.

[0003] Ein solcher Richtkoppler umfaßt im allgemeinen ein Substrat, auf dem die zwei Leitungen galvanisch getrennt durch eine Kopplungszone geführt sind, in der sie sich kapazitiv und magnetisch gegenseitig beeinflussen.

[0004] Auf der ersten Leitung können Signale im allgemeinen den Koppler in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen.

[0005] Es ist für viele Anwendungen wichtig, selektiv nur diejenigen Signale abgreifen zu können, die sich in einer der zwei entgegengesetzten Richtungen der ersten Leitung ausbreiten, oder sich in entgegengesetzten Richtungen ausbreitende Signale voneinander unterscheiden zu können, so z.B., um mit Hilfe eines zwischen einer Senderendstufe und einer Antenne angeordneten Richtkopplers das Ausgangssignal der Endstufe von einem eventuell von der Antenne reflektierten Signal unterscheiden zu können. Hierfür ist es notwendig, daß der Richtkoppler ein hohes Maß an Gerichtetheit aufweist, d.h. wenn ein Eingangssignal auf der ersten Leitung den Richtkoppler in einer Richtung durchläuft, so soll das dadurch auf der zweiten Leitung hervorgerufene Signal sich in dieser mit ganz überwiegender Intensität auch nur in eine Richtung ausbreiten.

[0006] Die Gerichtetheit wird erzielt durch die kombinierte Ausnutzung von kapazitiver und magnetischer Kopplung. Wenn ein Punkt der zweiten Leitung von einem auf der ersten Leitung geführten Signal kapazitiv beeinflusst wird, so gehen von ihm Signale mit gleicher Phase in beide Richtungen der zweiten Leitung aus. Bei magnetischer Kopplung eines Punktes unterscheiden sich die von ihm in verschiedenen Richtungen ausgehenden Signale um 180° in der Phase. Diese Eigenschaft wird bei Richtkopplern genutzt, indem kapazitive und magnetische Kopplung so miteinander kombiniert werden, daß beide gleich starke Beiträge zum in der zweiten Leitung erzeugten Signal liefern, wobei sich aber die Beiträge für ein in eine erste Richtung der zweiten Leitung propagierendes Signal konstruktiv überlagern und für ein in entgegengesetzter Richtung propagierendes Signal destruktiv überlagern.

[0007] Eine solche Wirkung ist durch einfache Parallelführung der ersten und zweiten Leitungen in der Kopplungszone nicht zu erzielen, da in einem solchen Fall die Kopplung ganz überwiegend magnetischer Natur ist.

[0008] Es ist daher notwendig, eine Geometrie für die verschiedenen Leitungen des Richtkopplers zu finden,

die die kapazitive Kopplung im Vergleich zur magnetischen begünstigt. Eine bekannte Lösung dieses Problems ist in Fig. 1 gezeigt. Die zwei Leitungen umfassen zwischen Ein-/Ausgangsanschlüssen 1, 2, 3, 4 des Richtkopplers zwei Kopplungsleitungen 5, 6, die sich in einem vorgegebenen Abstand parallel zueinander erstrecken und einander in einem von ihrem Abstand abhängigen Ausmaß überwiegend magnetisch beeinflussen. Jeweils an den Enden der parallelen Kopplungsleitungen 5, 6 befinden sich Bereiche starker kapazitiver Kopplung in Form von zur jeweils anderen Kopplungsleitung hin vorspringenden Leiterabschnitten 7, die lokal eine überwiegend kapazitive Kopplung liefern.

[0009] Eine ähnliche Konstruktion ist aus US-5 767 763 A1 bekannt. Hier bestehen die Kopplungsleitungen jeweils aus zwei zueinander senkrecht orientierten Abschnitten, deren Enden einander zugewandt sind und die Bereiche starker kapazitiver Kopplung bilden.

[0010] Mit einem nach dem bekannten Schema der Fig. 1 aufgebauten Koppler ist eine gute Gerichtetheit für Frequenzen erreichbar, deren Wellenlänge in den Leitungen der vierfachen Länge der Kopplungsleitungen 5 bzw. 6 entspricht. Wird von dieser Frequenz abgewichen, so verändert sich die relative Phasenlage der kapazitiven Beiträge der vorspringenden Leiterabschnitte 7, eine befriedigende Gerichtetheit ist daher bedingt durch das Konstruktionsprinzip nur innerhalb eines schmalen Bandes um diese eine Frequenz herum erreichbar.

[0011] Um einen breitbandigeren Richtkoppler zu bauen, wäre es an sich wünschenswert, die Länge der Kopplungszone zu reduzieren. Dies stößt jedoch bei dem herkömmlichen Bauprinzip auf Schwierigkeiten, denn die Realisierung einer Kopplungskapazität zwischen den ersten und zweiten Leitungen impliziert stets auch das Auftreten einer parasitären Kapazität zwischen den Leitungen und einer Masseebene, die auf einer den Leitungen gegenüberliegenden Seite des Substrats aufgebracht ist. Das Vorhandensein der parasitären Kapazität bewirkt Störungen im Verhalten der Kopplungszone. Herkömmlicherweise werden diese Störungen dadurch kompensiert, dass die Kopplungskapazitäten jeweils paarweise in einem Abstand von $\lambda/4$ angeordnet werden, wobei λ die Wellenlänge ist, die der Mittenfrequenz des Frequenzbandes entspricht, in dem der Koppler wirksam ist. Dieser Abstand $\lambda/4$ legt daher eine Mindestgröße fest, die die Kopplungszone haben muss. Wollte man die Kopplungszone unter dieses Maß verkleinern, so müsste man die durch das Vorhandensein der Kopplungskapazität bedingten Störungen mit Hilfe von induktiven oder kapazitiven Hilfsstrukturen ausgleichen, die außerhalb der Kopplungszone angeordnet sind. Da diese aber wiederum einen wellenlängenabhängigen Abstand von der Kopplungszone haben müssen, resultiert, daß der Ausgleich nur für ein begrenztes Frequenzband wirksam ist. Daher läßt sich die Bandbreite, in der ein Richtkoppler eine befriedigende Gerichtetheit aufweist, mit dem herkömmlichen Kon-

struktionsprinzip nur in engen Grenzen verbessern, und auch eine Verkleinerung des Richtkopplers ist kaum möglich.

[0012] Ein weiterer Nachteil des bekannten Konstruktionsprinzip ist, dass die Kopplungsleitungen 5, 6 jeweils ein bei der Arbeitsfrequenz des Richtkopplers resonanzfähiges System bilden. Die resonante Überhöhung der Ströme auf den Kopplungsleitungen führt zu einer im Vergleich zu nicht resonanten Leistungsabschnitten verstärkten Abstrahlung und damit einerseits zu Verlusten und andererseits zu einer starken Beeinflussung der Ströme im Richtkoppler durch an der Metallisierung der gegenüberliegenden Substratseite reflektierte und phasenverzögert die Kopplungszone erreichende Felder. Da es bislang an Techniken zum Verhindern oder Reduzieren der Abstrahlung fehlt, versucht man, deren Störeinfluss durch Verwendung möglichst dünner Substrate zu minimieren, die nur einen relativ geringen Phasenversatz zwischen den Strömen in der Kopplungszone und den in diese zurückreflektierten Feldern herbeiführen. Die mechanische Empfindlichkeit dieser dünnen Substrate beeinträchtigt die Haltbarkeit der auf ihnen gefertigten Koppler und die Ausbeute bei ihrer Fertigung.

[0013] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, einen Richtkoppler mit einem neuartigen Konstruktionsprinzip anzugeben, der bei geringem Verbrauch an Substratfläche eine sehr große Bandbreite aufweist.

[0014] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist, einen Richtkoppler mit reduzierter Abstrahlung zu schaffen.

[0015] Diese Aufgaben werden gelöst durch einen Richtkoppler mit den Merkmalen des Anspruches 1 bzw. 2.

[0016] Beim Richtkoppler gemäß Anspruch 1 hat die in der Kopplungszone zwischen den Leitungen angeordnete, unverbundene Leiterfläche vereinfacht gesagt die Funktion einer Reihenschaltung von zwei Kondensatoren, wobei ein erster Kondensator durch die erste Leitung und einen dieser zugewandten Rand der unverbundenen Leiterfläche und der zweite durch die zweite Leitung und einen dieser zugewandten Rand der Leiterfläche gebildet ist. Diese Konstruktion erlaubt es, durch Variieren der Gestalt der Leiterfläche die Kopplungskapazität zwischen erster und zweiter Leitung in weitem Umfang zu variieren, ohne daß hiermit Änderungen der parasitären Kapazitäten in entsprechendem Umfang verbunden sind. Das heißt, wenn die Geometrie der ersten und zweiten Leitung und damit ihre magnetische Kopplung festgelegt worden ist, ist es möglich, durch geeignete Auswahl der Gestalt der unverbundenen Leiterfläche die effektive Kopplungskapazität zwischen der ersten und zweiten Leitung in weitem Umfang zu variieren, ohne daß deren Gestalt oder Anordnung hierfür verändert werden muß. Dies vereinfacht erheblich die Optimierung der Leitergeometrie des Richtkopplers.

[0017] Vorzugsweise verlaufen die zwei Leitungen des Richtkopplers außerhalb der Kopplungszone in zwei zueinander senkrechten Richtungen. Dadurch

wird eine gegenseitige magnetische Beeinflussung der Leitungen außerhalb der Kopplungszone weitestgehend ausgeschlossen.

[0018] Besonders bevorzugt ist, daß jede Leitung aus zwei geradlinigen Abschnitten besteht, die in der Kopplungszone unter Bildung eines Winkels unmittelbar aufeinandertreffen, wobei die so aufgespannten Winkel eine gemeinsame Winkelhalbierende haben. Parallele Kopplungsleitungen zwischen Eingangs- und Ausgangsleitungen, wie in Fig. 1 gezeigt, werden bei einem solchen erfindungsgemäßen Richtkoppler vermieden. So wird die Ausdehnung der Kopplungszone und damit auch die Abhängigkeit des Verhaltens des Richtkopplers von der Eingangsfrequenz minimiert.

[0019] Die Abschnitte der Leitungen des Richtkopplers sind jeweils vorzugsweise streifenförmig mit einer zu den Rändern des Streifens senkrechten Endkante. Dies ermöglicht eine Anordnung, bei der sich die zwei Abschnitte jeder Leitung jeweils mit einer Ekke ihrer Endkante überschneiden. Durch geeignete Wahl der Breite dieses Überschneidungsbereiches kann ein schwach induktives Verhalten der ersten bzw. zweiten Leitung erzielt werden. Ein solches Verhalten ist wünschenswert, um den kapazitiven Einfluß der unverbundenen Leiterfläche auf das Reflexionsverhalten der Leitungen auszugleichen.

[0020] Die unverbundene Leiterfläche hat vorzugsweise einen quadratischen Umriß, insbesondere mit den Endkanten der streifenförmigen Leitungsabschnitte zugewandten Kanten.

[0021] Es ist an sich bekannt, einen Richtkoppler symmetrisch in Bezug auf eine erste Symmetrieachse auszubilden, wobei eine Spiegelung an der ersten Symmetrieachse jede der zwei Leitungen in sich überführt, um so ein symmetrisches, von der Ausbreitungsrichtung eines Signals auf der ersten bzw. zweiten Leitung unabhängiges Verhalten des Richtkopplers zu erzielen. Erfindungsgemäß ist bevorzugt, daß die Leiterfläche aus zwei jeweils den ersten bzw. zweiten Leitungen zugewandten, durch ein sich entlang der ersten Symmetrieachse erstreckendes stegförmiges Leiterstück verbundenen Abschnitten aufgebaut ist. Dieses stegförmige Leiterstück gewährleistet, daß das Vorhandensein der unverbundenen Leiterfläche lediglich die kapazitive Kopplung zwischen ersten und zweiten Leitungen, nicht aber die induktive Kopplung beeinflusst. Es verläuft vorzugsweise entlang der Symmetrieachse.

[0022] Die der ersten bzw. zweiten Leitung zugewandten Abschnitte sind vorzugsweise L-förmig, insbesondere mit jeweils einem einer Endkante eines geradlinigen Leitungsabschnitts gegenüberliegenden Schenkel.

[0023] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Figuren. Es zeigen:

Fig. 1, bereits diskutiert, eine Draufsicht auf ei-

- nen herkömmlichen Richtkoppler;
- Figs. 2 bis 4 jeweils Draufsichten auf Richtkoppler nach einem ersten bis dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 5 ein Smith-Diagramm der Reflexion einer einzelnen Leitung des Richtkopplers aus Fig. 4;
- Fig. 6 Signalstärken an der zweiten Ausgangsleitung und der zweiten Eingangsleitung des Richtkopplers aus Fig. 4 bei Anregung über die erste Eingangsleitung für verschiedene Frequenzen des Anregungssignals; und
- Fig. 7 ein Smith-Diagramm der erwünschten und der unerwünschten Kopplung des Richtkopplers aus Fig. 4.

[0024] Fig. 2 veranschaulicht das Grundprinzip der vorliegenden Erfindung anhand einer Draufsicht auf ein erstes Beispiel eines erfindungsgemäßen Richtkopplers. Der Richtkoppler ist aufgebaut aus einem Substrat 10, z.B. aus Al_2O_3 , das an seiner in der Fig. nicht gezeigten Unterseite eine Metallisierungsschicht aufweist und an seiner Oberseite zwei in Microstrip-Technik erzeugte Leitungen 11, 12 und zwischen diesen eine mit beiden Leitungen 11, 12 unverbundene Leiterfläche 20 trägt. Zueinander parallele, beiderseits der unverbundenen Leiterfläche 20 verlaufende Abschnitte der ersten und zweiten Leitung 11, 12 sind als erste bzw. zweite Kopplungsleitung 15 bzw. 16 bezeichnet; sie bilden zusammen mit der Leiterfläche 20 die Kopplungszone des Richtkopplers.

[0025] Die Leitungen 11, 12 und die unverbundene Leiterfläche 20 sind in einem gleichen Arbeitsgang, durch lokales Aufbringen von Metall oder lokales Abtragen einer durchgehenden Metallisierung, gebildet und haben daher gleiche Zusammensetzung und Schichtdicke.

[0026] Geradlinige Leitungsabschnitte 13-1, 13-2, 13-3, 13-4 erstrecken sich jeweils von Punkten 1, 2, 3, 4 der Leitungen 11, 12 zu einem Ende der Kopplungsleitung 15 bzw. 16.

[0027] Die Punkte 1 bis 4 werden im folgenden der Reihe nach als erster Eingangsanschluss, erster Ausgangsanschluss, zweiter Ausgangsanschluss bzw. zweiter Eingangsanschluss bezeichnet, wobei die Unterscheidung zwischen Ein- und Ausgangsanschlüssen rein terminologischer Natur ist und keine technischen Unterschiede impliziert. Die Bezeichnungen sind auf eine willkürlich gewählte Ausbreitungsrichtung eines Signals auf der ersten Leitung bezogen: wenn dieses über den ersten Eingangsanschluss 1 in den Koppler eintritt und über den ersten Ausgangsanschluss 2 austritt, so

soll der ausgekoppelte Signalanteil am zweiten Ausgangsanschluss 3 erscheinen; ein eventuell am zweiten Eingangsanschluss 4 erscheinender Signalanteil ist unerwünscht.

[0028] Die Anschlüsse 1 bis 4 können, wenn der Richtkoppler für sich allein auf dem Substrat 10 ausgebildet ist, tatsächliche Enden der Leitungen 11, 12 auf dem Substrat sein; wenn er mit anderen Komponenten zusammen auf einem Substrat integriert ist, kann es sich um beliebige Punkte einer Leiterbahn zwischen dem Richtkoppler und einer anderen Komponente handeln.

[0029] Der Leitungsabschnitt 13-1 ist rechtwinklig zu den Abschnitten 13-2 und 13-3 sowie parallel zum Abschnitt 13-4 orientiert, um eine magnetische Kopplung des Abschnitts 13-1 an 13-2 und 13-3 zu verhindern. Die Leitungen 11, 12 gehen durch Spiegelung an einer ersten Symmetrielinie 18 in sich selbst über.

[0030] Die zweite Leitung 12 ist bezogen auf eine zweite Symmetrielinie 19, die rechtwinklig zur ersten Symmetrielinie 18 verläuft, spiegelbildlich zur ersten Leitung 11 ausgebildet.

[0031] Zwischen einander zugewandten, parallelen Kanten der Kopplungsleitungen 15, 16 erstreckt sich, mit diesen unverbunden, die Leiterfläche 20. Diese koppelt kapazitiv sowohl an die erste als auch an die zweite Leitung, wobei die Stärke der kapazitiven Kopplung wesentlich durch die Breite der Spalte 21 zwischen der Leiterfläche 20 und den Kopplungsleitungen 15, 16 bestimmt ist. Diese Konstruktion erlaubt es, bei gegebener Geometrie der ersten und zweiten Kopplungsleitungen 15, 16 und damit bei gegebener magnetischer Kopplung die kapazitive Kopplung zwischen den Leitungen durch Variieren der Breite der Spalte 21 in weitem Umfang zu verändern, ohne daß hiermit eine Veränderung der Gestalt und Lage der ersten und zweiten Leitungen 11 bis 16 verbunden sein muß, und folglich ohne eine wesentliche Änderung der auf diese Leitung wirkenden parasitären Kapazitäten.

[0032] Um zu verhindern, dass in der unverbundenen Leiterfläche 20 in deren Längsrichtung bzw. entlang der zweiten Symmetrielinie 19 induzierte Ströme auch die magnetische Kopplung zwischen Kopplungsleitungen 15, 16 fördern, kann es gemäß einer nicht in einer Fig. dargestellten Weiterentwicklung sinnvoll sein, die Leiterfläche 20 in eine Mehrzahl von untereinander unverbundenen, in der Längsrichtung aufeinanderfolgenden Einzelflächen zu unterteilen.

[0033] Die kapazitive Kopplung ist bei der Konstruktion der Fig. 2 über die gesamte Länge der zueinander parallelen Kopplungsleiter 15, 16 gleichmäßig verteilt und genauso stark wie die magnetische Kopplung. Um mit einer solchen Anordnung eine effiziente kapazitive Kopplung zu erzielen, in der sich nicht die Beiträge unterschiedlicher Abschnitte der Kopplungsleitungen gegenseitig auslöschen, ist es wünschenswert, die Länge der Kopplungsleitungen so weit wie möglich zu reduzieren. Die Länge der Kopplungsleitungen 15, 16 ist daher

in jedem Falle deutlich kleiner als $\lambda/4$, wenn λ die kürzere von zwei Wellenlängen λ_1 , λ_2 ist, die jeweils der oberen und unteren Grenzfrequenz eines Frequenzbandes entsprechen, in dem der Koppler wirksam ist.

[0034] Einerseits die Kürze der Kopplungszone und andererseits die gleiche Stärke der magnetischen und der kapazitiven Kopplung sorgen dafür, dass sich innerhalb des Frequenzbandes, in dem der Koppler wirksam ist, keine Resonanzen in der Kopplungszone aufbauen können. Es kommt daher zu keiner resonanten Stromüberhöhung in der Kopplungszone, und infolgedessen ist die Abstrahlung gering. Das Verhalten des Richtkopplers wird daher nur wenig durch abgestrahlte und an der Metallisierung auf der gegenüberliegenden Substratseite reflektierte Felder beeinflusst. Deshalb kann eine größere Phasenverschiebung zwischen dem in die Kopplungszone auf einer der Leitungen 11 oder 12 eingespeisten Signal und diesen reflektierten Feldern in der Kopplungszone hingenommen werden, als bei dem eingangs beschriebenen herkömmlichen Konstruktionsprinzip.

[0035] Dies erlaubt den Einsatz des erfindungsgemäßen Richtkopplers auf vergleichsweise dicken, stabilen Substraten, die einfach und mit guter Ausbeute hergestellt werden können, bzw. bei gegebener Substratdicke einen Betrieb der Richtkoppler bei vergleichsweise hohen Frequenzen.

[0036] Eine weiterentwickelte Ausgestaltung, die die Vorteile der oben dargestellten Ausgestaltung und weitere aufweist, ist in Fig. 3 gezeigt. Hier ist die Länge der Kopplungsleitungen auf Null reduziert. Die geradlinigen Abschnitte 13-1 und 13-2 der ersten Leitung 11 und 13-3, 13-4 der zweiten Leitung 12 treffen jeweils unmittelbar unter rechtem Winkel an der ersten Symmetrielinie 18 aufeinander. Die Leitungen 13-1 bis 13-4 haben jeweils die Form von Streifen mit parallelen Längskanten und einer zu den Längskanten senkrechten Endkante 14, und sie überschneiden einander jeweils im Bereich einer Ecke der Endkante, wie am Beispiel der ersten Leitung 11 als gestricheltes Quadrat 22 dargestellt. Die unverbundene Leiterfläche 20' hat hier die Gestalt eines Quadrates mit jeweils zu den Endkanten 14 parallelen Kanten.

[0037] Da bei dieser Ausgestaltung die Länge der Kopplungszone minimiert ist, ist hier von einer Aufteilung der Leiterfläche 20' in mehrere Teilflächen entlang der Symmetrielinie 19 keine zusätzliche Unterdrückung von magnetischer Kopplung über die Leiterfläche 20' zu erwarten; vielmehr ist anzunehmen, dass eine solche Unterteilung hier die magnetische Kopplung fördert.

[0038] Eine weitere Verbesserung ist auf der Draufsicht der Fig. 4 gezeigt. Hier ist die quadratische Leiterfläche 20' durch eine Leiterfläche 20" ersetzt, die zwar im wesentlichen quadratischen Umriß hat, die sich aber aus drei Abschnitten 23", 24", 25" zusammensetzt. Die Abschnitte 23", 24" sind jeweils im wesentlichen L-förmig, mit gleich langen Schenkeln, die den Endkanten 14 der geradlinigen Leitungsabschnitte 13-1, 13-2,

13-3, 13-4 zugewandt sind. Der Abschnitt 25" hat die Form eines langgestreckten Steges und verbindet die Scheitelpunkte der L-förmigen Abschnitte 23", 24" entlang der ersten Symmetrielinie 18. Durch ein sich auf der ersten Leitung 11 ausbreitendes Signal im zugewandten L-förmigen Abschnitt 23" induzierte Ladungen breiten sich so über den Steg 25" entlang der Symmetrielinie 18 zum zweiten L-förmigen Abschnitt 24" aus und koppeln so kapazitiv an die zweite Leitung 12. Jegliche Stromflüsse auf der Leiterfläche 20" quer zur Symmetrielinie 18, die einer magnetischen Kopplung zwischen den ersten und zweiten Leitungen 11, 12 über die Leiterfläche 20" entsprechen könnten, sind durch deren Gestalt unterdrückt.

[0039] Um einen Richtkoppler mit der in Fig. 4 gezeigten Geometrie für ein vorgegebenes Frequenzband zu konstruieren, können z.B. die folgenden Parameter optimiert werden:

- Substratmaterial und Dicke.
Diese Parameter sind im wesentlichen für die maximale Arbeitsfrequenz relevant, bei der der Koppler eingesetzt werden soll. Generell sind zur Verringerung von Abstrahlung geringe Substratdicken bevorzugt. Bei Arbeitsfrequenzen bis zu 30 GHz ist ein Aluminiumoxidsubstrat mit einer Dicke von 381 μm geeignet. Bei Frequenzen oberhalb 30 GHz ist eine Dicke von 254 μm bevorzugt.
- Breite der Leitungen.
Die Breite a der Leitungen 11 bis 14 ist im wesentlichen relevant für die Leitungsimpedanz des Systems. Für eine Impedanz der Leitungen 11 bis 14 von 50 Ω ist eine Breite a von 340 μm optimal.
- Breite b der Überschneidungszone 22.
Dieser Parameter beeinflusst das Reflexionsverhalten der Leitungen. Je kleiner b ist, um so stärker induktiv ist das Reflexionsverhalten. Es ist wünschenswert, wenn die zwei Leitungen 11, 12, betrachtet ohne die Leiterfläche 20 und die jeweils andere Leitung 12 bzw. 11, schwach induktives Verhalten aufweisen, wie im Smith-Diagramm von Fig. 5 für die erste Eingangsleitung dargestellt. Die Reflexion $S(1,1)$ am Eingang der ersten Leitung ist im betrachteten Frequenzbereich von 19 bis 27 GHz praktisch unveränderlich. Das schwach induktive Verhalten der Reflexion $S(1,1)$ wird beim vollständigen Richtkoppler durch den kapazitiven Beitrag der Leiterfläche 20 im wesentlichen kompensiert, so daß insgesamt minimale Reflexion erreicht wird.
- minimaler Abstand zwischen ersten und zweiten Leitungen.
Der Abstand c zwischen einander zugewandten Ecken der Endkanten 22 der ersten und zweiten Leitungen 11, 12 hat offensichtlich Einfluß auf die Stärke der Kopplung zwischen diesen Leitungen. Er

wird vorzugsweise so gewählt, daß die rechnerische Simulation eines Richtkopplers, der nur aus erster und zweiter Leitung 11, 12, ohne die unverbundene Leiterfläche 20, besteht, eine Kopplung zwischen der ersten und zweiten Leitung ergibt, die um ca. 5 dB geringer als die gewünschte Kopplung ist. Fügt man die unverbundene Leiterfläche 20" ein, um gleich starke magnetische und kapazitive Kopplungen zu erhalten, so erhöht sich die Kopplung insgesamt um etwa 5dB.

[0040] Eine Feinanpassung der kapazitiven Kopplung kann durch Optimieren der Breite e der Schenkel der L-förmigen Abschnitte sowie der Breite d der Spalte zwischen den L-förmigen Abschnitten 23", 24" und den Endkanten 22 der Leitungen erreicht werden.

[0041] Ein Beispiel für einen günstigen Satz der diversen geometrischen Parameter ist:

a = 340 µm
b = 31 µm
c = 116 µm
d = 30 µm
e = 30 µm

[0042] Figs. 6 und 7 zeigen jeweils für verschiedene Signalfrequenzen die Stärke S(1,3) des gewünschten, vom ersten Eingangsanschluss 1 an den zweiten Ausgangsanschluss 3 übertragenen Signals und S(1,4) des unerwünschten, an dem zweiten Eingangsanschluss 4 erscheinenden Signals für einen Richtkoppler mit den angegebenen Werten der Parameter a bis e. Man erkennt eine ausgezeichnete Gerichtetheit mit einem Pegelunterschied von über 20 dB zwischen den zwei Signalen S(1,3) und S(1,4) im gesamten untersuchten Frequenzbereich von 19 bis 27 GHz. Die Phasendrift des Signals an dem zweiten Ausgangsanschluss 3 in Abhängigkeit von der Frequenz ist gering, wie das Smith-Diagramm von Fig. 7 zeigt.

[0043] Zusammenfassend schafft die vorliegende Erfindung einen extrem kompakten Richtkoppler mit großer Bandbreite und ausgezeichneter Gerichtetheit. Während bei herkömmlichen Richtkopplern extrem dünne Substrate verwendet werden müssen, um auch bei hohen Arbeitsfrequenzen befriedigende Gerichtetheit zu erzielen, können im Rahmen der vorliegenden Erfindung relativ dicke Substrate verwendet werden, was die Haltbarkeit der Koppler und auch die Ausbeute bei der Serienfertigung verbessert und dadurch Kosten reduziert.

Patentansprüche

1. Richtkoppler mit einem Substrat und, angeordnet auf dem Substrat, zwei durch eine erste Leitung (11) verbundenen ersten Anschlüssen (1, 2) und zwei durch eine zweite Leitung (12) verbundenen zwei-

ten Anschlüssen (3, 4), wobei die Leitungen (11, 12) durch eine Kopplungszone verlaufen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitungen (11, 12) in der Kopplungszone durch eine mit den Leitungen unverbundene Leiterfläche (20, 20', 20'') beabstandet sind.

2. Richtkoppler mit einem Substrat und, angeordnet auf dem Substrat, zwei durch eine erste Leitung (11) verbundenen ersten Anschlüssen (1, 2) und zwei durch eine zweite Leitung (12) verbundenen zweiten Anschlüssen (3, 4), wobei die Leitungen (11, 12) durch eine Kopplungszone verlaufen, zum gerichteten Überkoppeln eines Signals mit einer Wellenlänge innerhalb eines Bandes $[\lambda_1, \lambda_2]$ von einer der zwei Leitungen (11, 12) auf die andere Leitung (12, 11), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kopplungszone kürzer als ein Viertel der kürzesten Wellenlänge λ_1 des Bandes ist und dass an jedem Ort der Kopplungszone magnetische und kapazitive Kopplung gleich stark sind.

3. Richtkoppler nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitungen (11, 12) außerhalb der Kopplungszone in zwei zueinander senkrechten Richtungen verlaufen.

4. Richtkoppler nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Leitung (11; 12) zwei geradlinige Abschnitte (13-1, 13-2; 13-3, 13-4) umfasst, die in der Kopplungszone unter Bildung eines Winkels unmittelbar aufeinander treffen, wobei die Winkelhalbierende (18) für die Winkel beider Leitungen (11, 12) die gleiche ist.

5. Richtkoppler nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abschnitte (13-1, 13-2, 13-3, 13-4) streifenförmig mit einer zu den Rändern des Streifens senkrechten Endkante (14) sind, und dass sich die zwei Abschnitte (13-1, 13-2; 13-3, 13-4) jeder Leitung (11, 12) jeweils mit einer Ecke ihrer Endkante (14) überschneiden.

6. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leiterfläche (20', 20'') einen quadratischen Umriss hat.

7. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leiterfläche (20'') aus zwei jeweils der ersten bzw. zweiten Leitung zugewandten, durch ein stegförmiges Leiterstück (25'') verbundenen Abschnitten (23'', 24'') aufgebaut ist.

8. Richtkoppler nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine erste Symmetrieachse (18) aufweist, wobei eine Spiegelung an der ersten Symmetrieachse (18) jede Leitung (11, 12) in sich

überführt, und dass das stegförmige Leiterstück (25") entlang der Symmetrieachse verläuft.

9. Richtkoppler nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abschnitte (23", 24") L-förmig sind. 5
10. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitungen (11, 12) in der Kopplungszone jeweils ein schwach induktives Verhalten aufweisen. 10
11. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die unverbundene Leiterfläche (20, 20', 20") einen Beitrag von ca. 5 dB zur kapazitiven Kopplung zwischen den ersten und den zweiten Leitungen leistet. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

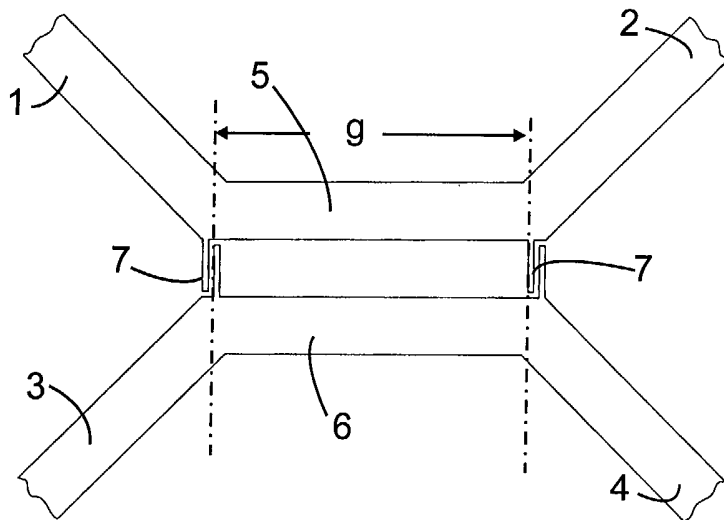


Fig.2

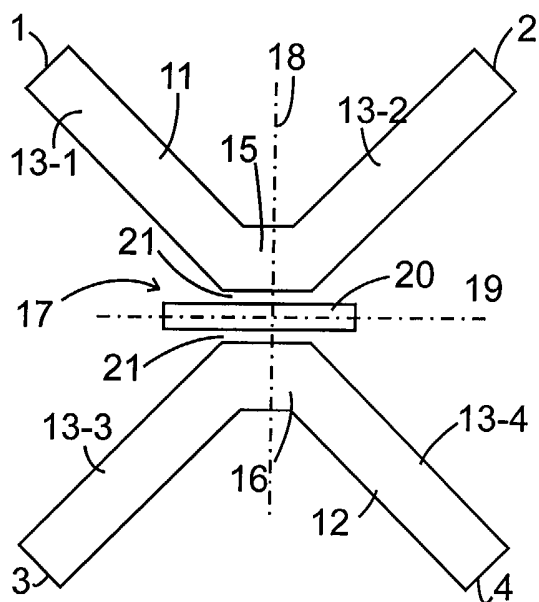


Fig. 3

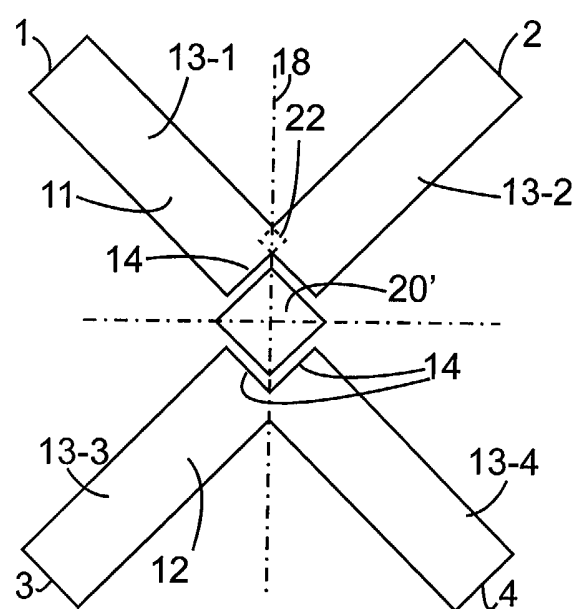


Fig. 4

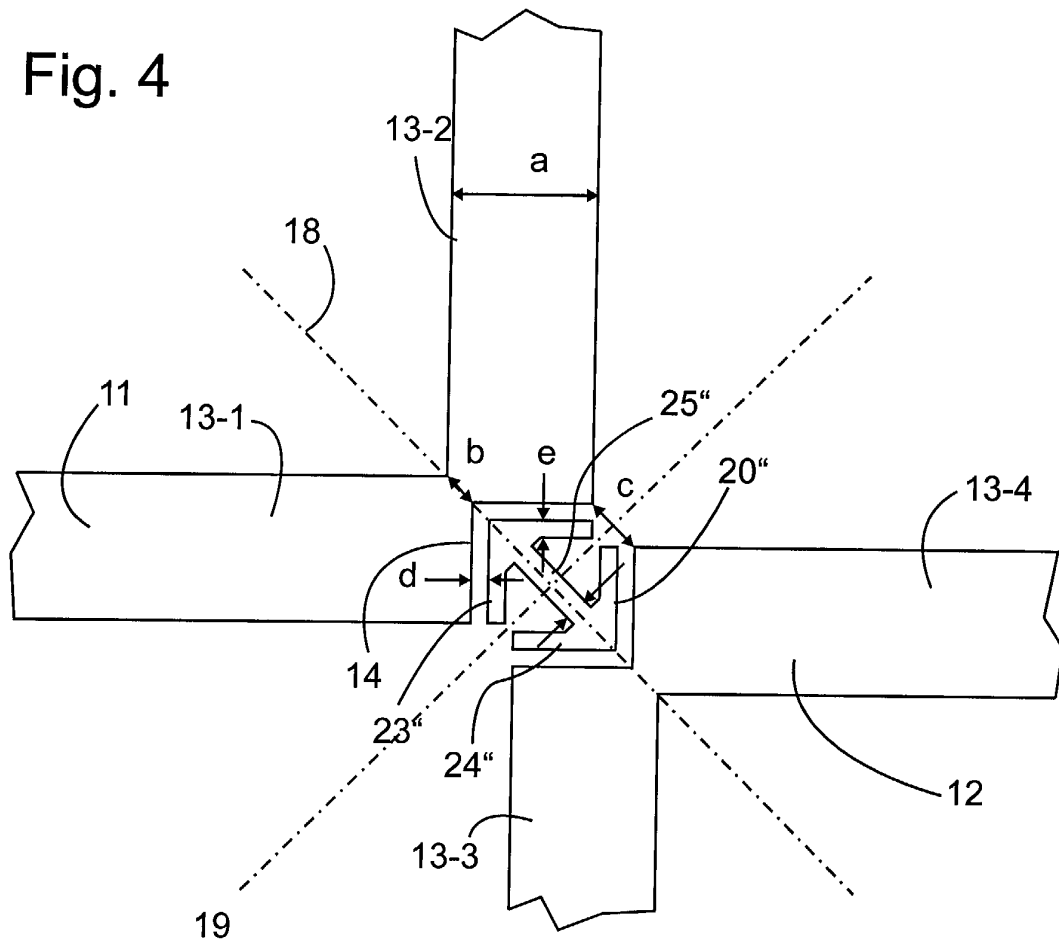


Fig. 5

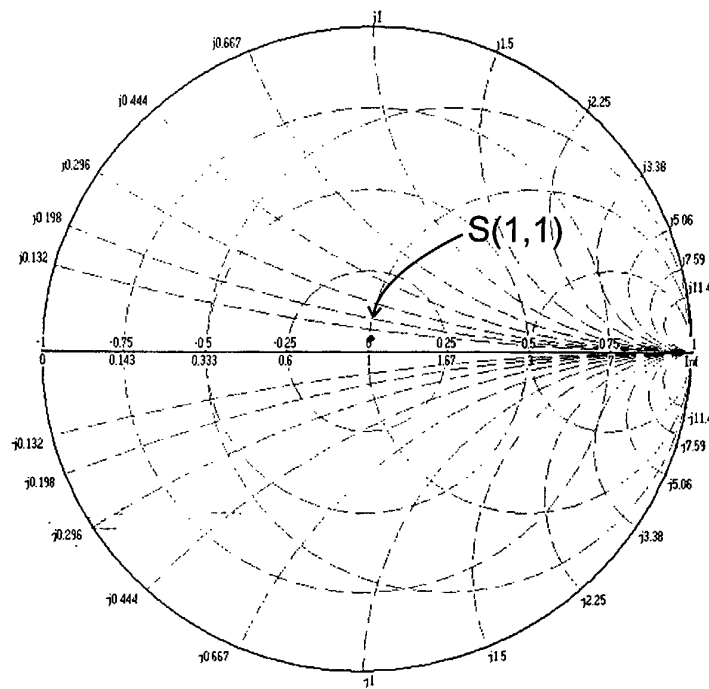


FIG. 6

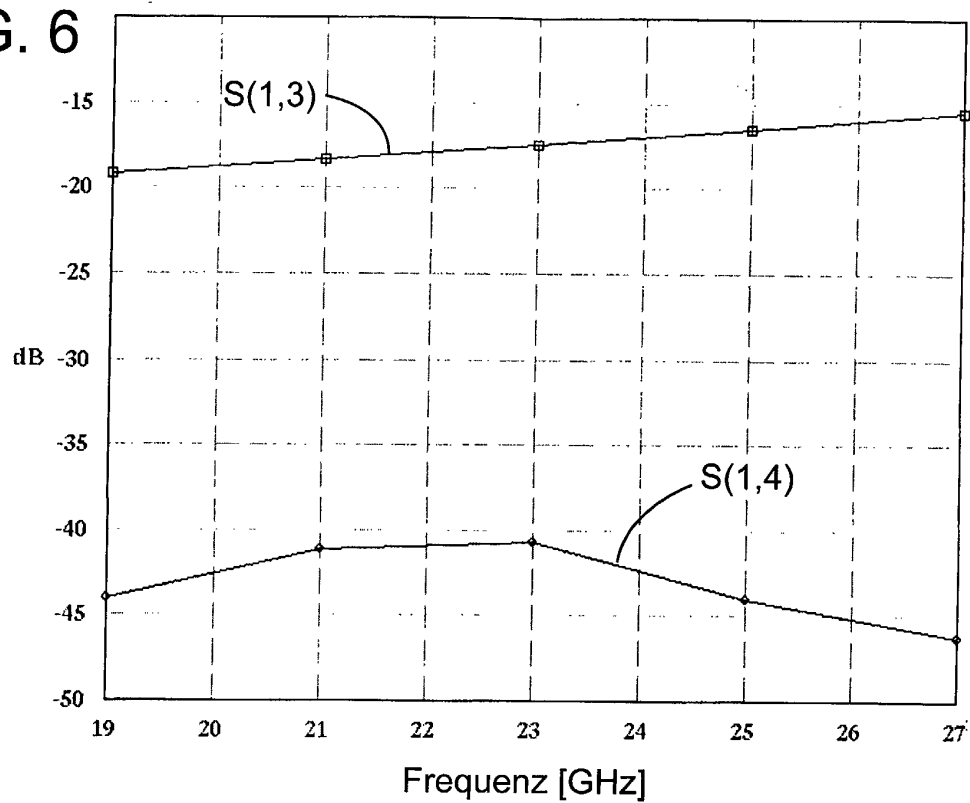
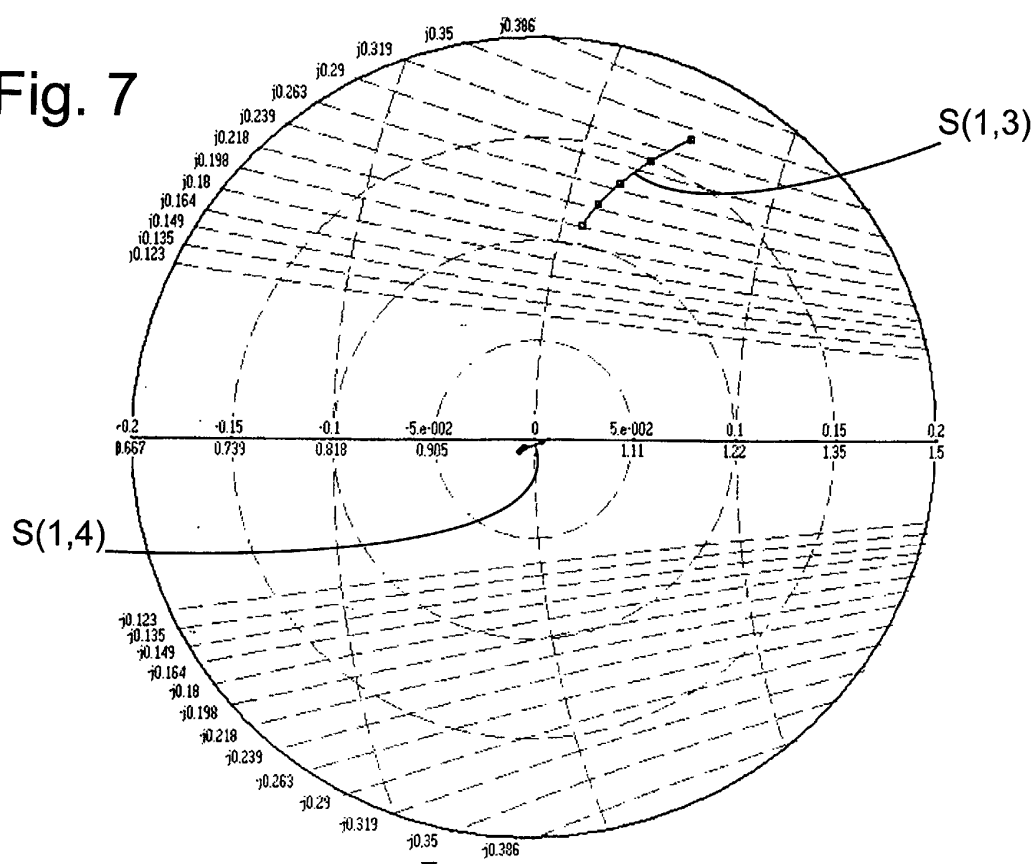


Fig. 7





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 01 12 4552

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	US 5 159 298 A (DYDYK MICHAEL) 27. Oktober 1992 (1992-10-27) * Spalte 6, Zeile 55-61; Abbildungen 1,5,7 *	1-11	H01P5/18
A	US 4 376 921 A (DICKENS LAWRENCE E ET AL) 15. März 1983 (1983-03-15) * Spalte 6, Zeile 9-35; Abbildungen 4,6 * * Spalte 7, Zeile 45-55 *	1-11	
A	US 3 496 492 A (FRITSCH HANS-ADOLF ET AL) 17. Februar 1970 (1970-02-17) * Spalte 2, Zeile 5-15; Abbildung 2 *	1-11	
A	US 4 999 593 A (ANDERSON DALE R) 12. März 1991 (1991-03-12) * Zusammenfassung; Abbildung 2 *	1-11	
A	US 4 027 254 A (GUNTON DAVID JOHN ET AL) 31. Mai 1977 (1977-05-31) * Abbildung 1 *	1-11	
A	US 4 394 630 A (KENYON S WAYNE ET AL) 19. Juli 1983 (1983-07-19) * Zusammenfassung; Abbildungen 2,5 *	1-11	H01P
A	JP 56 138302 A (JAPAN RADIO CO LTD) 28. Oktober 1981 (1981-10-28) * Abbildung 3B *	1-11	
A	US 5 424 694 A (MALORATSKY LEO ET AL) 13. Juni 1995 (1995-06-13) * das ganze Dokument *	1-11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 2. Januar 2002	Prüfer Schmelz, C
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 01 12 4552

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-01-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5159298	A	27-10-1992	KEINE		
US 4376921	A	15-03-1983	JP	57180202 A	06-11-1982
US 3496492	A	17-02-1970	AT	278908 B	25-02-1970
			BE	687616 A	30-03-1967
			DE	1291807 B	
			FR	1500415 A	03-11-1967
			GB	1149088 A	16-04-1969
			NL	6613271 A	31-03-1967
			SE	366156 B	08-04-1974
US 4999593	A	12-03-1991	CA	2053897 A1	03-12-1990
			JP	4505532 T	24-09-1992
			MX	170886 B	21-09-1993
			WO	9015451 A1	13-12-1990
US 4027254	A	31-05-1977	GB	1527761 A	11-10-1978
			DE	2605351 A1	19-08-1976
			FR	2301109 A1	10-09-1976
			JP	51146153 A	15-12-1976
			JP	60027201 B	27-06-1985
			NL	7601344 A	13-08-1976
US 4394630	A	19-07-1983	GB	2106720 A , B	13-04-1983
			IL	66860 A	30-04-1985
			JP	1676406 C	26-06-1992
			JP	3037761 B	06-06-1991
			JP	58075302 A	07-05-1983
JP 56138302	A	28-10-1981	KEINE		
US 5424694	A	13-06-1995	KEINE		

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82